



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107850697 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 08

(21) 申请号 201680041685.1

(22) 申请日 2016.06.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107850697 A

(43) 申请公布日 2018.03.27

(30) 优先权数据
2015-141908 2015.07.16 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.01.15

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2016/068727 2016.06.23

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/010257 JA 2017.01.19

(73) 专利权人 迪睿合株式会社

地址 日本国东京都品川区大崎一丁目11番
2号盖特城大崎东楼8层

(72) 发明人 花岛直树

(74) 专利代理机构 北京瑞盟知识产权代理有限公司 11300
专利代理师 刘昕

(51) Int.Cl.

G02B 5/02 (2006.01)

F21V 5/00 (2018.01)

F21V 5/04 (2006.01)

G02B 3/00 (2006.01)

G02F 1/13357 (2006.01)

G03B 21/14 (2006.01)

审查员 陈俊

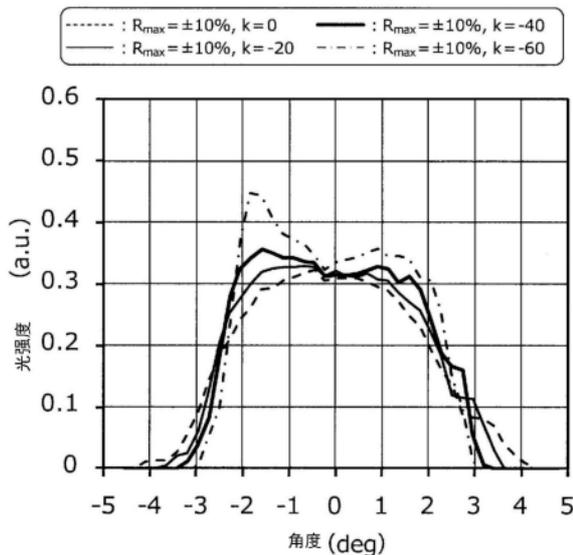
权利要求书1页 说明书13页 附图14页

(54) 发明名称

扩散板、显示装置、投影装置及照明装置

(57) 摘要

本发明提供一种能够抑制高阶衍射成分并且能够实现平坦的扩散角度分布特性的扩散板、显示装置、投影装置及照明装置。本发明所涉及的扩散板为由位于透明基板的表面的单透镜组构成的微透镜阵列型的扩散板，构成所述单透镜组的各个单透镜所具有的曲率半径作为所述单透镜组整体而存在偏差，并且，所述各个单透镜的顶点位置不规则地配置，所述单透镜组中的至少一个所述单透镜的透镜表面形状满足式1及式2。



1. 一种扩散板, 其为由位于透明基板的表面的单透镜组构成的微透镜阵列型的扩散板,

构成所述单透镜组的各个单透镜所具有的曲率半径作为所述单透镜组整体而存在偏差, 并且, 所述各个单透镜的顶点位置不规则地配置, 所述单透镜的透镜表面形状为双曲面,

所述单透镜组中的至少一个所述单透镜的透镜表面形状满足以下的式1及式2,

$$z = \frac{cx^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2x^2}} \cdots \quad (\text{式 1})$$

$$-35 \leq k \leq -25 \cdots (\text{式 2})$$

在此, 上述式1及式2中,

z : 与基准面的高度差, 该基准面是通过单透镜的高度方向的顶点且与单透镜的透镜光轴正交的表面,

c : 单透镜的曲率半径的倒数

x : 距单透镜的透镜光轴的隔离距离

k : 圆锥系数,

所述单透镜的曲率半径大于所述单透镜组中的单透镜间间距的最大值, 并且, 考虑到与单透镜外接的外接圆时的所述单透镜组中的该外接圆的直径的最小值大于所述单透镜间间距的最大值。

2. 根据权利要求1所述的扩散板, 其中, 各个所述单透镜以彼此邻接的方式配置。

3. 根据权利要求2所述的扩散板, 其中, 彼此邻接的单透镜间的边界包括曲线。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的扩散板, 其中, 构成所述单透镜组的各个所述单透镜,

以单透镜规则地配置时的各单透镜的顶点的位置为基准, 在半径 Δr 的范围内顶点位置不规则地配置,

当将考虑到与单透镜外接的外接圆时的各单透镜中的该外接圆的直径设为 a 时, 满足 $\Delta r/a \neq 0$ 。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的扩散板, 其中, 所述透明基板为石英玻璃、硼硅酸玻璃或白板玻璃中的任一个。

6. 一种显示装置, 其具备权利要求1至5中任一项所述的扩散板。

7. 一种投影装置, 其具备权利要求1至5中任一项所述的扩散板。

8. 一种照明装置, 其具备权利要求1至5中任一项所述的扩散板。

扩散板、显示装置、投影装置及照明装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种扩散板、显示装置、投影装置及照明装置。

背景技术

[0002] 使入射光向各个方向散射的扩散板被广泛地利用于例如显示器等显示装置、投影仪等投影装置、各种照明装置等各种各样的装置中。所涉及的扩散板中的入射光的扩散机构大致分为利用因扩散板的表面形状引起的光的折射的扩散机构、和利用存在于本体的内部的由折射率与周围不同的物质实现的散射的扩散机构。作为利用因表面形状引起的光的折射的扩散板之一,存在本体的表面上配置了多个几十 μm 左右大小的微透镜的所谓的微透镜阵列型的扩散板。

[0003] 规则地配置了多个上述那样的微透镜的微透镜阵列型的扩散板具有如下特征,即,在着眼于扩散板的扩散特性的情况下,容易获得平坦的扩散角度分布特性。另一方面,所涉及的微透镜阵列型的扩散板存在如下问题,即,发现了规则配置的微透镜有衍射光栅那样的功能,会使高阶衍射成分变大。

[0004] 为了抑制这样的高阶衍射成分的增加,提出了如下各种方案,即,不规则地进行位于本体的表面的微透镜的配置、或者使各微透镜的直径、表面粗糙度、曲率半径存在偏差。

[0005] 例如下述的专利文献1中公开了多个微透镜以不同于彼此邻接的微透镜的顶点间隔全部设为等间隔L的基本图案的方式不规则地或者具有概率分布的规则性地配置的主旨。更详细而言,该专利文献1中公开了以使全部微透镜的顶点位置位于具有以基本图案的顶点位置为中心的 $0.3L$ 以下的半径的圆内的方式对各微透镜进行配置,或者,以使彼此邻接的微透镜的顶点间隔P成为 $0.4L \leq P \leq 1.6L$ 的方式对各微透镜进行配置的主旨。

[0006] 此外,例如下述的专利文献2中公开了将构成微透镜阵列的微透镜的直径设为 $100\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下且将微透镜的表面粗糙度(Ra)设为 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下的主旨。

[0007] 此外,例如下述的专利文献3中公开了如下内容:在透明基材上设置以排列无数个、顶部形成球面的一部分、且底部的最长部的长度L为 $5\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 、高度为 $5\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 的锥状的凸部或凹部的方式而形成的凹凸部,并将顶部的球面的曲率半径r的相对于底部的最长部的长度L的比 r/L 设为 $0.01 \sim 0.6$ 。

[0008] 现有技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1:日本特开2003-4907号公报

[0011] 专利文献2:日本特开2004-145330号公报

[0012] 专利文献3:日本特开2010-97034号公报

发明内容

[0013] 发明要解决的问题

[0014] 然而,依据上述专利文献1~专利文献3所公开的方针,当将微透镜的配置、微透镜

的直径及表面粗糙度、曲率半径设为不规则时,可抑制高阶衍射成分,但来自各微透镜的扩散光的角度会发生偏差。其结果为,存在作为微透镜阵列型的扩散板的特征的、平坦的扩散角度分布特性受损的问题。如此,抑制高阶衍射成分与实现平坦的扩散角度分布特性成为折衷的关系。

[0015] 在此,本发明是鉴于上述问题而完成的,本发明的目的在于提供一种可抑制高阶衍射成分并且实现平坦的扩散角度分布特性的扩散板、显示装置、投影装置及照明装置。

[0016] 用于解决问题的方案

[0017] 为了解决上述问题,根据本发明某种观点,可提供一种如下的扩散板,即,一种由位于透明基板的表面的单透镜组构成的微透镜阵列型的扩散板,并且构成所述单透镜组的各个单透镜所具有的曲率半径作为所述单透镜组整体而存在偏差,并且,所述各个单透镜的顶点位置不规则地配置,所述单透镜组中的至少一个所述单透镜的透镜表面形状满足以下的式1及式2。

$$[0018] \quad z = \frac{cx^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2x^2}} \quad \dots \text{(式1)}$$

$$[0019] \quad -40 \leq k \leq -20 \quad \dots \text{(式2)}$$

[0020] 在此,在上述式1及式2中,

[0021] z:与基准面的高度差,该基准面是通过单透镜的高度方向的顶点且与单透镜的透镜光轴正交的表面,

[0022] c:单透镜的曲率半径的倒数

[0023] x:距单透镜的透镜光轴的隔离距离

[0024] k:圆锥系数。

[0025] 各个所述单透镜优选为,以彼此邻接的方式配置。

[0026] 也可采用如下方式,即,彼此邻接的单透镜间的边界包括曲线。

[0027] 所述单透镜的曲率半径优选为,大于所述单透镜组中的单透镜间间距的最大值,并且,在考虑到与单透镜外接的外接圆时的所述单透镜组中的该外接圆的直径的最小值大于所述单透镜间间距的最大值。

[0028] 构成所述单透镜组的各个所述单透镜优选为,以设为单透镜规则地配置时的各单透镜的顶点的位置作为基准,在半径 Δr 的范围内顶点位置不规则地配置,当将考虑到与单透镜外接的外接圆时的各单透镜中的该外接圆的直径设为a时,满足 $\Delta r/a \neq 0$ 。

[0029] 也可以采用如下方式,即,所述透明基板为石英玻璃、硼硅酸玻璃或白板玻璃中的任一个。

[0030] 此外,为了解决上述问题,根据本发明的另一观点,可提供具备上述的扩散板的显示装置。

[0031] 此外,为了解决上述问题,根据本发明另一观点,可提供具备上述的扩散板的投影装置。

[0032] 此外,为了解决上述问题、根据本发明另一观点,可提供具备上述的扩散板的照明装置。

[0033] 发明效果

[0034] 如以上所说明的那样,根据本发明,可抑制高阶衍射成分并且可实现平坦的扩散角度分布特性。

附图说明

[0035] 图1为示意性地表示本发明第1实施方式所涉及的扩散板的说明图。

[0036] 图2为用于说明表示透镜的表面形状的表面形状函数的说明图。

[0037] 图3为表示圆锥系数与透镜的表面形状之间的关系的一个示例的曲线图。

[0038] 图4为表示圆锥系数与透镜的扩散特性之间的关系的一个示例的曲线图。

[0039] 图5为用于说明扩散板中的单透镜的顶点位置的说明图。

[0040] 图6为用于说明单透镜的外径的大小的说明图。

[0041] 图7为用于说明邻接的单透镜间的边界的形状的说明图。

[0042] 图8为表示伴随着单透镜的顶点位置的偏差及曲率半径的偏差的扩散板的扩散特性的变化的曲线图。

[0043] 图9为表示伴随着圆锥系数的变化的扩散板的扩散特性的变化的曲线图。

[0044] 图10A为表示单透镜的顶点位置、曲率半径及圆锥系数发生变化的情况下的光强度的扩散角度分布的一个示例的曲线图。

[0045] 图10B为表示单透镜的顶点位置、曲率半径及圆锥系数发生变化的情况下的光强度的扩散角度分布的一个示例的曲线图。

[0046] 图11为示意性地表示单透镜组中的顶点位置的关系的说明图。

[0047] 图12为表示单透镜组的截面形状轮廓的一个示例的曲线图。

[0048] 图13为表示单透镜组的截面形状轮廓的一个示例的曲线图。

[0049] 图14A为用于说明该实施方式所涉及的扩散板的说明图。

[0050] 图14B为用于说明该实施方式所涉及的扩散板的说明图。

具体实施方式

[0051] 以下,参照附图对本发明的优选的实施方式进行详细说明。另外,在本说明书及附图中对实质上具有同一功能结构的结构要素标注同一符号,从而省略重复说明。

[0052] (关于扩散板)

[0053] 以下,参照图1~图14B的同时对本发明的第1实施方式所涉及的扩散板1进行详细地说明。

[0054] 图1为示意性地表示本实施方式所涉及的扩散板1的说明图,且为本实施方式所涉及的扩散板1的俯视图及侧视图。图2为用于说明表示透镜的表面形状的表面形状函数的说明图。图3为表示圆锥系数与透镜的表面形状之间的关系的一个示例的曲线图,图4为表示圆锥系数与透镜的扩散特性之间的关系的一个示例的曲线图。图5为用于说明扩散板中的单透镜的顶点位置的说明图,图6为用于说明单透镜的外径的大小的说明图,图7为用于说明邻接的单透镜间的边界的形状的说明图。图8为表示伴随着单透镜的顶点位置的偏差及曲率半径的偏差的扩散板的扩散特性的变化的曲线图,图9为表示伴随着圆锥系数的变化的扩散板的扩散特性的变化的曲线图。图10A及图10B为表示单透镜的顶点位置、曲率半径及圆锥系数发生变化的情况下的光强度的扩散角度分布的一个示例的曲线图。图11为示意

性地表示单透镜组中的顶点位置的关系的说明图。图12及图13为表示单透镜组的截面形状轮廓的一个示例的曲线图。图14A及图14B为用于说明本实施方式所涉及的扩散板的说明图。

[0055] 本实施方式所涉及的扩散板1为基板上配置有多个微透镜(以下也称为“单透镜”)的微透镜阵列型的扩散板。如图1示意性所示那样,所涉及的扩散板1具有透明基板10和被形成在透明基板10的表面上的单透镜组20。

[0056] <关于透明基板10>

[0057] 透明基板10为由入射到本实施方式所涉及的扩散板1上的光的波长带宽中可视作透明的材质构成的基板。关于所涉及的基板的材质,并未特别地限定,但例如既可使用公知的树脂,也可使用石英玻璃、硼硅酸玻璃、白板玻璃等公知的光学玻璃以作为透明基板10。虽然图1中以透明基板10为矩形的情况为例进行了图示,但透明基板10的形状并不限于矩形,例如也可以根据安装有扩散板1的显示装置、投影装置、照明装置等形状而具有任意形状。

[0058] <关于单透镜组20>

[0059] 透明基板10的表面上形成有由多个单透镜21构成的单透镜组20。在本实施方式所涉及的扩散板1中,单透镜组20优选为,如图1示意性所示那样,以多个单透镜21彼此邻接的方式(换言之,以单透镜21之间不存在间隙(平坦部)的方式)形成。通过使单透镜21无间地配置在透明基板10上(换言之,使单透镜的填充率成为100%的方式对单透镜21进行配置),从而可抑制入射光中未在扩散板表面上进行散射而是以原本的状态透过的成分(以下也称为“0次透过光成分”)。其结果为,多个单透镜21以彼此邻接的方式而配置的单透镜组20可使扩散性能进一步提高。

[0060] 此外,本实施方式所涉及的单透镜组20中,如图1示意性所示那样,各单透镜21并不是规则地配置,而是不规则地(随机地)配置。在此,“不规则”是指,扩散板1中的单透镜组20的任意区域中,实质上不存在与单透镜21的配置相关的规则性。因此,即使在任意区域中的微小区域内单透镜21的配置存在某种规则性,作为任意的区域整体,单透镜21的配置不存在规则性设为包括在“不规则”中。另外,针对本实施方式所涉及的单透镜组20中的单透镜21的不规则的配置方法,下面会再次进行详细叙述。

[0061] 通过使多个单透镜21以彼此邻接的方式设置且使单透镜21在透明基板10上不规则地形成,从而各个单透镜21的外形彼此不会成为同一形状,如图1示意性所示那样具有各种各样的形状。

[0062] 在图1所示的示例中,构成单透镜组20的单透镜21成为凸透镜。本实施方式所涉及单透镜组20中,各单透镜21的表面形状包括非球面成分。

[0063] [伴随着透镜的非球面性的光强度分布的变化]

[0064] 本实施方式所涉及各单透镜21的表面形状及多个单透镜21的配置基于以下详细叙述的透镜的非球面性以及透镜的曲率半径及透镜配置的不规则性相关的见解而被设定。在此,在以下详细说明本实施方式所涉及单透镜组20及单透镜21之前,首先对一般的透镜的表面形状进行说明。

[0065] 一般的透镜的表面形状利用表示以下的式101那样的透镜的表面形状的表面形状函数来表现。

$$[0066] \quad z = \frac{cx^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2x^2}} \quad \dots \text{(式 101)}$$

[0067] 在此,参照图2的同时对上述式101所示的表面形状函数中使用的坐标系进行简单地说明。

[0068] 式101所示的表面形状函数中,将具有由表面形状函数所表示的表面形状的透镜的光轴方向设为Z轴方向。此外,如图2示意性所示那样,将透镜的高度方向的顶点(透镜的高度成为最大的位置)作为原点0,将通过所涉及的顶点且与透镜的光轴方向(Z轴方向)正交的平面作为基准面。该基准面的扩展方向之一对应于X轴方向,X轴方向可认为是透镜的径向。

[0069] 上述式101中的x如图2所示对应于距透镜光轴(Z轴)的隔离距离,上述式101中的z如图2所示对应于位置x中的距基准面的高度之差。距该基准面的高度之差也称为凹量。此外,上述式101中的c为透镜的顶点的曲率。

[0070] 此外,上述式101中的参数k也称为圆锥系数或圆锥系数,是对透镜的表面形状进行规定的参数。在 $k=0$ 的情况下,通过使由上述式101所表示的表面形状函数绕Z轴进行旋转而获得的旋转体的表面形状(即,对应于透镜的表面形状)成为不包括非球面成分的球面。此外,在 $-1 < k < 0$ 的情况下,透镜的表面形状成为椭圆面,在 $k=-1$ 的情况下,透镜的表面形状成为抛物面,在 $k < -1$ 的情况下,透镜的表面形状成为双曲面。即,圆锥系数k的值成为负值的情况下,对应的透镜的表面形状成为包括非球面成分的表面形状。

[0071] 此外,虽然上述式101中所包括的透镜的曲率c为透镜的曲率半径r的倒数,但透镜的曲率半径r由以下的式103求得。在此,下述式103中,f为透镜的焦点距离,a为透镜的外径, θ 为扩散角度(半角),n为用于透镜的材料折射率。

$$[0072] \quad r = f \cdot (n-1) = \frac{a}{2 \tan \theta} \cdot (n-1) \quad \dots \text{(式 103)}$$

[0073] 当设为扩散角度 $\theta=2.5$ 度、透镜的外径 $a=100\mu\text{m}$ 、用于透镜的材料折射率 $n=1.5$ 时,由上述式103所求出的曲率半径 $r=570\mu\text{m}$ 。在该情况下,求取由上述式101所求得凹量z与隔离距离x的关系时,如图3所示。图3中一并图示出圆锥系数 $k=0$ 的情况下(球面的情况下)及 $k=-60$ 的情况下(双曲面的情况下)这两种情况下的运算结果。

[0074] 如图3所明确的那样,在圆锥系数k的绝对值较大的情况下,可观察到曲面变成略平坦的举动。此外,在设为透镜的外径 $a=100\mu\text{m}$ 的情况下, $k=0$ 的情况下的凹量z与 $k=-60$ 的情况下的凹量z之差在 $X=\pm 60\mu\text{m}$ 附近成为最大,约300nm左右。

[0075] 接下来,为了通过由圆锥系数实现的透镜形状的不同来确定透镜的扩散角度特性如何变化,而使用作为公知的光线追踪模拟器的Zemax来模拟上述两个条件。通过所涉及的模拟来验证一样强度分布的光入射到一个透镜上的情况下的出射光的强度的角度分布。将由所涉及的模拟而获得的结果示于图4中。另外,在图4中为了简便而图示出半径方向(X方向)的一维分布。

[0076] 图4中横轴为将透镜的光轴方向(Z轴方向)设为0度的情况下的出射光的角度(即,扩散角度),纵轴为出射光的强度。如图4所明确的那样,可知在圆锥系数 $k=0$ 、透镜的表面形状为球面的情况下,可实现在扩散角度为-2度至2度的范围内出射光的强度几乎为固定,

且在以光轴作为中心的预定的扩散角度的范围内出射光的强度分布成为大致平坦的、所谓的平顶(top hat)型的光强度分布。此外,还可知在圆锥系数 $k=-60$ 的情况下,扩散角度 ± 2 度附近分别存在光强度的峰,在扩散角度为0度的附近,光强度极小,从而形成所谓的双峰状的分布。因此,在圆锥系数 $k=-60$ 的情况下,如图2所示那样的基准面内的光强度的分布成为圆环状。

[0077] 如该结果所明确的那样,当针对由球面形成的一般的透镜的表面形状附加圆锥系数 $k<0$ 的非球面成分时,可实现透镜的边缘部的光强度变大的圆环状的光强度分布。

[0078] [关于伴随着透镜的曲率半径及透镜配置的不规则性的光强度分布的变化]

[0079] 接下来,考察透镜的曲率半径及透镜配置的不规则性对光强度分布造成的影响。以下,关注在配置有多个圆锥系数 $k=0$ 的球面透镜的微透镜阵列。

[0080] 入射到微透镜阵列上的光的扩散的状态与来自多个单透镜的扩散光的重合,因而只要是全部的单透镜的形状是相同的,则如图4所示那样的透镜形状与扩散强度分布的关系保持不变地成立。另一方面,如之前所提到的那样为了抑制高阶衍射成分而优选为使透镜的配置、曲率半径散乱,并使全部的单透镜的形状、排列等不相同。

[0081] 以下,参照图5及图6对与透镜配置相关的不规则性的实现方法进行具体地说明。

[0082] 首先,关注在成为具有不规则性的透镜配置的基准的、具有规则性的透镜配置。作为这样的具有规则性的透镜配置,存在单透镜的顶点位置被配置成正方形形状的四角配置、单透镜的顶点位置被配置在正六边形的顶点及与正六边形的中心对应的位置的六角配置等。在图5中,由黑圆来表示单透镜的顶点位置被配置成六角的情况以作为成为基准的透镜配置。而且,将规则的单透镜的顶点位置作为初始值,并在该初始值的位置至半径 Δr 的范围内使单透镜的顶点位置随机地进行位移。根据该配置方法,相对于单透镜的顶点位置从成为基准的位置偏离的偏离方向、单透镜的顶点位置从成为基准的位置偏离的偏离量而导入两个不规则性。此时,可容许的偏离方向设为,以成为基准的位置作为中心的全部方向,关于偏离量,在对最大的偏离量 $|\Delta r_{\max}|$ 进行规定的基础上,在 $0<|\Delta r|\leq|\Delta r_{\max}|$ 的范围内可进行任意地选择。将这样的不规则性应用于构成微透镜阵列的全部单透镜上。将这样的不规则性导入至微透镜阵列,从而使各单透镜的间隔(即,彼此相邻的顶点位置间的距离、即图5中的由 p 表示的距离)纳入在一定的范围内。其结果为,可使来自各单透镜的集光扩散光束纳入一定的范围内。

[0083] 针对采用以上方式而使一样强度分布的光入射到导入了不规则性的微透镜阵列上的情况,利用市售的光线追踪模拟用应用程序进行解析。

[0084] 另外,在所涉及的模拟中,关注在折射率 $n=1.5$ 、圆锥系数 $k=0$ 、透镜的外径 $a=100\mu\text{m}$ 且曲率半径 $r=570\mu\text{m}$ 的单透镜,并且将该单透镜无间隙地配置的微透镜阵列作为模型。此时,将上述 $|\Delta r_{\max}|$ 设为 $20\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 这三种而使各单透镜的配置具备不规则性,从而在各个情况下进行模拟。此外,在所涉及的模拟中,单透镜的曲率半径 r 本身也具有偏差,曲率半径的偏差的最大值 $R_{\max}=\pm 10\%$ 。即,本模拟中,构成微透镜阵列的单透镜设为随机地具有 $(570\mu\text{m}-10\%=513\mu\text{m})$ 至 $(570\mu\text{m}+10\%=627\mu\text{m})$ 中的任一值的曲率半径。另外,在使单透镜的配置具有不规则性的情况下,单透镜的外形不会成为正多边形,但在该情况下的透镜的外径 a 可采用如图6所示那样与单透镜外接的外接圆的直径来进行处理。

[0085] 通过使单透镜的曲率半径 r 本身也具有偏差,从而使邻接的单透镜中曲率半径互

为不同的情况变多。其结果为,如图7模式化所示那样,相对于单透镜A中曲率半径为 r_A ,单透镜B中曲率半径成为 r_B ($\neq r_A$) 的状况也会较多地发生。邻接的单透镜的曲率半径不同的情况下,邻接的单透镜间的边界不仅只由直线构成,其至少一部分也包括曲线。通过使单透镜间的边界的至少一部分也包括曲线,从而使单透镜间的边界处的配置的规则性进一步受到破坏,其结果为,可进一步减少衍射成分。

[0086] 将通过以上那样的模拟而获得的结果汇总地示于图8中。图8中,横轴为图2所示的X坐标,纵轴为透过了微透镜阵列的光的强度(单位:a.u.)。由于在所涉及的模拟中,曲率半径的偏差的最大值 R_{\max} 在3种情况下是共通的,因而可认为图8所示的三个模拟结果中的扩散特性的不同起因于单透镜的配置的偏差程度(即, Δr)。如图8所明确的那样,可知透镜的配置的不规则性(即, $|\Delta r_{\max}|$ 的大小)随着 $20\mu\text{m}\rightarrow 40\mu\text{m}\rightarrow 50\mu\text{m}$ 地增加,扩散特性从周围部存在两个峰的双峰状向 $X=0$ 度附近存在一个峰的单峰状进行推移。所涉及的结果为,通过来自每个透镜的扩散特性散乱,从而作为结果,被重合的微透镜阵列整体的扩散特性成为单峰状。

[0087] [关于单透镜组20中的透镜形状及透镜配置]

[0088] 以上,根据如图3~图8所示那样的考察结果,可获得如以下那样的见解。即,通过使构成微透镜阵列的单透镜的配置及单透镜的曲率半径作为微透镜阵列整体而产生偏差,从而可抑制高阶衍射成分。另一方面,在扩散特性中,扩散中心(即,扩散角度0度附近)的强度会增大,扩散特性会从所谓的平顶型的形状向单峰状发生变化。此外,通过相对于构成微透镜阵列的单透镜的表面形状而附加非球面成分,从而使扩散特性的边缘部(扩散角度的绝对值成为较大的值的部分)的强度增大,进而使微透镜阵列整体显示出双峰状的扩散特性。

[0089] 本发明人基于上述的见解会想到,使构成微透镜阵列的单透镜的配置及曲率半径产生偏差来抑制不能无视例如扩散角度30度以下这一比较小的扩散角的、由高阶衍射成分实现的扩散特性的劣化,并且通过利用对单透镜的表面形状附加非球面成分而实现的扩散特性的双峰化来补偿由所涉及的偏差而产生的扩散特性的单峰化。由此,可实现一直以来难以实现的同时达成抑制高阶衍射成分与实现平坦的扩散角度分布特性。

[0090] 本发明人为了探讨上述的见解,以图8的最下段所示的模拟条件作为共通的条件,且针对构成微透镜阵列的各单透镜而附加非球面成分的同时进行模拟,并针对扩散特性进行验证。此时,圆锥系数 k 的值采用0(与图8的最下段相同条件)、-20、-40、-60这4个,并且在各单透镜间为相同。即,只要是圆锥系数 $k=-20$ 的情况下的模拟,全部的单透镜采用具有圆锥系数 $k=-20$ 的单透镜。

[0091] 将所获得的结果汇总示于图9中。图9中,横轴为图2所示的X坐标,纵轴为透过了微透镜阵列的光的强度(单位:a.u.)。如图9所明确的那样,圆锥系数 k 的绝对值越大,透镜的边缘部的强度越大,并且表示扩散特性的强度分布的外形从单峰状($k=0$)变成几乎平坦状($k=-20\sim -40$),进一步向双峰状($k=-60$)进行变化。这样的举动与图4所示的不导入不规则性的情况下的单透镜的模拟结果相同。

[0092] 根据如图9所示的结果可认为,通过将圆锥系数 k 的值设定在适当的范围内,从而能够同时达成抑制高阶衍射成分与实现平坦的扩散角度分布特性。在此,本发明人可通过模拟来确认出圆锥系数 k 的范围。

[0093] 在所涉及的模拟中,作为扩散板而发挥功能的微透镜阵列、即单透镜组20由以下那样的多个单透镜21构成。即,考虑到规则地配置顶点位置的情况下的顶点间隔(图5中的黑圆间的距离)成为 $100\mu\text{m}$ 的六角配置,而采用在所涉及的六角配置的顶点位置至预定的范围内($\Delta r_{\text{max}}=50\mu\text{m}$)设定有单透镜21的顶点位置的模型。单透镜21的透镜材料假定为光学玻璃,折射率 $n=1.5$ 。将平均单透镜间间距(图5中的单透镜间间距 p 的单透镜组20整体的平均值)设为 $100\mu\text{m}$,扩散角度 ± 2.5 度。如此对单透镜21的参数进行设定的情况下,根据上述式103,曲率半径 r 成为 $570\mu\text{m}$ 。在此,本模拟中,假定曲率半径 $r=570\mu\text{m}$ 成为平均值那样的、曲率半径的偏差 R_{max} 为 $\pm 10\%$ 的情况与 $\pm 20\%$ 的情况这两种情况。此外,入射到单透镜组20上的光的尺寸为 $\phi 600\mu\text{m}$ 。在这样的设定下,利用市售的光线追踪模拟用应用程序来进行解析。

[0094] 将所获得的结果示于图10A及图10B中。图10A为曲率半径的偏差的最大值 R_{max} 为 $\pm 10\%$ 的情况下的结果,图10B为曲率半径的偏差的最大值 R_{max} 为 $\pm 20\%$ 的情况下的结果。此外,图10A及图10B中,横轴为扩散角度(半角),纵轴为扩散光的强度。此外,表示扩散特性的光强度分布在透镜的径向上几乎对称,因而图10A及图10B中为了简便而仅图示出一维方向(图2中的X轴方向)的分布。

[0095] 图10A及图10B这两方中可知,在圆锥系数 $k=0$ 的情况下,表示扩散特性的光强度分布成为单峰状的分布,在圆锥系数 $k=-60$ 的情况下,光强度分布成为双峰状(3维分布中为圆环状)的分布。此外还可知,在圆锥系数 k 处于 $-40 \leq k \leq -20$ 的范围内可获得几乎平坦的光强度分布。

[0096] 根据该结果,在上述那样的模型中的单透镜21的形状中,通过将圆锥系数 k 的值设在 $-40 \leq k \leq -20$ 的范围内,从而能够同时达成抑制高阶衍射成分与实现平坦的扩散角度分布特性。

[0097] 另外,如上述那样的圆锥系数 k 的范围也会根据单透镜21的曲率半径、平坦角度范围(图10A及图10B的情况下, ± 2.5 度的范围)发生变化。然而,当鉴于处在互为相似的关系的透镜的表面形状显示出相同扩散特性这一点时,为了使相似关系成立,在上述式101中分别将透镜的径向的大小 X 、透镜的高度 Z 、曲率半径 $r(=1/c)$ 设为 A 倍,从而该情况下的圆锥系数 k 的值成为不变量。

[0098] 因此,关于本实施方式所涉及单透镜21,将圆锥系数 k 的值设在由以下的式105所表示的范围,并相对于构成单透镜组20的单透镜21导入非球面成分。另外,通过由式105的表示的圆锥系数的值所明确的那样,本实施方式所涉及单透镜21的表面形状成为双曲面。另外,本实施方式所涉及单透镜21的圆锥系数的值优选为 $-35 \leq k \leq -25$,更优选为 $-33 \leq k \leq -27$ 。

[0099] $-40 \leq k \leq -20 \cdots$ (式105)

[0100] 在此,为了更具体地表示上述那样的圆锥系数 k 与单透镜21的表面形状的关系,而采用表示由上述的模拟所使用的模型中的具体的截面轮廓的一部分。当示意性地表示上述模型中的单透镜组20的一部分的俯视图时,可如图11那样来表示。另外,在图11中为了便于附图制成而由直线来表示邻接单透镜间的边界,但实际上的模型形状中边界的一部分包括曲线。

[0101] 由于图11所示的模型中的单透镜A~单透镜D的各单透镜21在其配置中包含不规

则性,因而各单透镜中的顶点位置(高度Z成为最大的位置)并非排列在一条直线上。以下,将图11所示的各单透镜A~D的顶点位置连结的表面设为基准面,将连结单透镜B的顶点位置与单透镜C的顶点位置的直线设为X轴。

[0102] 针对圆锥系数k为0的情况与为-60的情况这两种情况,将所获得的截面轮廓示于图12中。单透镜A及单透镜D中,X轴的位置从各单透镜中的顶点位置偏离,因而顶点的Z值不会变成零。从图12中所明确那样可知,圆锥系数k的影响更多地显现在彼此邻接的单透镜的边界附近处。

[0103] 图13为与图12同样地在设定了基准面及X轴的情况下针对圆锥系数k为-20的情况与-40的情况这两种情况而计算出与球面形状的凹量z之差的图。圆锥系数k在 $-40 \leq k \leq -20$ 的范围内,如图13所明确那样,可知来自圆锥系数k=0的球面形状的凹量z之差最大会达到100nm。另外,图13所示那样的来自球面形状的凹量z之差的最大值也会根据单透镜的曲率半径、单透镜间间距发生变化。此外,还可认为实际上的单透镜边界附近根据单透镜制作中的制约也会成为曲面,并且可认为根据所涉及的制作上的制约,凹量z的最大值“迟缓”。当考虑这样的“迟缓”时,相当于圆锥系数k的 $-40 \leq k \leq -20$ 这一范围的凹量z之差大致为30nm~100nm左右。

[0104] 另外,本实施方式所涉及的单透镜组20,优选为将如图5所示那样的、从各单透镜21的顶点位置的规则的顶点位置起的最大的偏离量 Δr_{\max} 设为单透镜间间距的一半左右的大小。具体而言,优选为,将最大的偏离量 Δr_{\max} 设为超过 $0\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ 左右,更优选,设为 $30\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ 左右,进一步优选设为 $40\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ 左右。通过将各单透镜21的顶点位置的最大的偏离量 Δr_{\max} 设在上述那样的范围,从而能够更可靠地使由所涉及的单透镜组20构成的扩散板的扩散特性成为几乎平坦。

[0105] 此外,本实施方式所涉及的单透镜组20优选为,在将如图6所示那样的各单透镜21的外接圆的直径设为a的情况下,对从各单透镜21的顶点位置的规则的顶点位置偏离的偏离量 Δr 进行设定,以满足 $\Delta r/a \neq 0$ 。为了满足这样的条件而对各单透镜21进行配置是指,使全部的单透镜21的顶点位置从规则的顶点位置起进行位移。通过采用这种方式,从而关于单透镜组20中的单透镜21的配置,能够更可靠地导入不规则性。

[0106] 而且,本实施方式所涉及的单透镜组20优选为,单透镜21间的平均透镜间间距以与单透镜21的高度对应的凹量成为 $1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 左右的方式进行设定。具体而言,单透镜21间的平均透镜间间距优选为采用 $30\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 左右,更优选采用 $70\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 左右。通过将单透镜21间的平均透镜间间距设在上述那样的范围,从而能够避免起因于凹量变得过小而导致制作的难度,此外,即使入射光的尺寸较小的情况下,也能够减少由入射位置导致的扩散特性的偏差。

[0107] 此外,本实施方式所涉及的单透镜21优选为,曲率半径的偏差的最大值 R_{\max} 设为 $\pm 20\%$,更优选为 $\pm 10\%$ 。通过将单透镜21的曲率半径的偏差 R_{\max} 设在上述那样的范围内,从而能够更可靠地使由所涉及的单透镜21构成的扩散板的扩散特性变成平坦。

[0108] 另外,本实施方式所涉及的单透镜组20优选为,如先前提及到的那样,多个单透镜21以彼此邻接的方式(换言之,单透镜21间不存在间隙的方式)形成。在此,本实施方式所涉及的单透镜组20优选为,将单透镜21的曲率半径r设为大于单透镜组20中的单透镜间间距的最大值,并且、将考虑到与单透镜21外接的外接圆时的单透镜组20中的该外接圆的直径a

的最小值设为大于单透镜间间距的最大值。通过将曲率半径 r 及外接圆的直径 a 相对于单透镜间间距的最大值而设为如上述那样的关系,从而即使在实现比较小的扩散角度的扩散板1的情况下,也能够更可靠地无意地配置单透镜21。由此,在本实施方式所涉及单透镜组20中,可抑制0次透过光。

[0109] 作为本实施方式所涉及扩散板1,通过将如以上所说明那样的单透镜组20形成在透明基板10上,从而即使是例如扩散角度为全角在30度以下这一比较小的扩散角,也能够抑制高阶衍射成分并且实现平坦的扩散角度分布特性。另外,本实施方式所涉及的扩散板1中的扩散角度并未特别地限定,但例如全角既可在20度以下也可在10度以下。如上述说明所明确那样,即使扩散角度(全角)在5度左右这一扩散角度极小的情况下,也可同时达成抑制高阶衍射成分与实现平坦的扩散角度分布特性,既然如此,即使更大的扩散角度基于与上述同样的设计方针来形成单透镜组20,也能够同时达成抑制高阶衍射成分与实现平坦的扩散角度分布特性。

[0110] 以上,参照图2~图13的同时对本实施方式所涉及单透镜组20进行详细地说明。

[0111] 另外,上述说明中,如图14A所示,以单透镜21的形状向上侧呈凸出的情况(即为凸透镜型的微透镜阵列的情况)作为示例。然而,如图14B所示,即使单透镜21的形状向下侧呈凸出的情况(即为凹透镜型的微透镜阵列的情况)下,仅焦点的位置位于透明基板10的内部这一点不同,也能够获得与向上侧呈凸出的情况相同的功能。因此,即使在凹透镜型的微透镜阵列中,与上述那样的平坦的扩散特性和非球面形状相关的讨论也可同样地处理。

[0112] 以上,参照图1~图14B的同时对本实施方式所涉及扩散板1进行详细地说明。

[0113] 另外,如以上说明那样的本实施方式所涉及的扩散板1能够适当地安装在为了实现其功能而需要使光扩散的装置中。作为为了实现功能而需要使光扩散的装置,例如,可列举出显示器等显示装置、投影仪等投影装置、各种照明装置等。此外,为了实现功能而需要使光扩散的装置并未限定于上述的示例,只要是利用光的扩散的装置则即使对其他的公知的装置也可应用本实施方式所涉及的扩散板1。

[0114] (关于扩散板的制造方法)

[0115] 接着,对如以上所说明那样的本实施方式所涉及的扩散板1的制造方法的一个示例进行简要地说明。本实施方式所涉及的扩散板1也可通过使用例如以下那样的方法进行制造。

[0116] 首先,在预定的玻璃基板上涂覆光致抗蚀剂,并经过曝光~显影这一公知的工序,利用抗蚀剂来制作单透镜组20中的单透镜21的表面形状的复制品。此时,以在所使用的光致抗蚀剂为负性的情况下成为与单透镜21的高度 Z 成比例的曝光量,在为正性的情况下成为与高度 Z 成反比例的曝光量的方式对曝光工序进行控制。

[0117] 另外,在形成本实施方式所涉及单透镜21那样的曲面的图案中,也可应用由灰度掩模、多个光掩模的重合而导致的多重曝光、由激光绘图实现的扫描曝光等各种方法。

[0118] 接着,使用制作出的复制品作为蚀刻掩模进行例如反应性离子蚀刻。此时,通过将所使用的透明基板10与抗蚀剂的蚀刻选择比设为1:1,从而能够使蚀刻后的透明基板10的表面形状形成为与抗蚀剂的表面形状几乎相同的形状。

[0119] 经过以上那样的工序,从而能够制造出本实施方式所涉及的扩散板1。以上,对本实施方式所涉及的扩散板1的制造方法进行了简单地说明。

[0120] 实施例

[0121] 接下来,示出实施例及比较例的同时对本发明所涉及的扩散板进行具体地说明。另外,以下所示的实施例始终只是本发明所涉及的扩散板的一个示例,本发明所涉及的扩散板并未被限定于下述的示例。

[0122] (实施例)

[0123] 作为透明基板10,使用硼硅酸玻璃基板,在所涉及的硼硅酸玻璃基板上,依据上述的制造方法,形成凸形状的单透镜组20,从而制作出微透镜阵列型的扩散板1。利用制作出的扩散板1来确认圆锥系数 k 、曲率半径的偏差 R_{\max} 、单透镜的顶点位置从规则的顶点位置的偏差(以下简称为“顶点位置的偏差”) Δr_{\max} 而导致的对扩散特性的影响。

[0124] 另外,作为以下的各实施例及比较例中的共通的条件,采用曲率半径 $r=570\mu\text{m}$ 、玻璃基板的折射率 $n=1.5$ 、单透镜间间距 $p=100\mu\text{m}$ 。

[0125] <实施例1>

[0126] 设为圆锥系数 $k=-20$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max}=\pm 10\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max}=50\mu\text{m}$ 而形成单透镜组20。

[0127] <实施例2>

[0128] 设为圆锥系数 $k=-40$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max}=\pm 10\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max}=50\mu\text{m}$ 而形成单透镜组20。

[0129] <实施例3>

[0130] 设为圆锥系数 $k=-20$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max}=\pm 20\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max}=50\mu\text{m}$ 而形成单透镜组20。

[0131] <实施例4>

[0132] 设为圆锥系数 $k=-40$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max}=\pm 20\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max}=50\mu\text{m}$ 而形成单透镜组20。

[0133] <比较例1>

[0134] 设为圆锥系数 $k=0$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max}=\pm 10\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max}=20\mu\text{m}$ 而形成单透镜组。

[0135] <比较例2>

[0136] 设为圆锥系数 $k=0$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max}=\pm 10\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max}=40\mu\text{m}$ 而形成单透镜组。

[0137] <比较例3>

[0138] 设为圆锥系数 $k=0$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max}=\pm 10\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max}=50\mu\text{m}$ 而形成单透镜组。

[0139] <比较例4>

[0140] 设为圆锥系数 $k=0$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max}=\pm 20\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max}=50\mu\text{m}$ 而形成单透镜组。

[0141] <比较例5>

[0142] 设为圆锥系数 $k=-60$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max}=\pm 10\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max}=50\mu\text{m}$ 而形成单透镜组。

[0143] <比较例6>

[0144] 设为圆锥系数 $k = -60$ 、曲率半径的偏差 $R_{\max} = \pm 20\%$ 、顶点位置的偏差 $\Delta r_{\max} = 50\mu\text{m}$ 而形成单透镜组。

[0145] (评价方法)

[0146] 使大致高斯形状的蓝色激光入射到采用上述那样的方式制作出的各扩散板上,并利用变角光度计来对光的强度分布进行测定。制作出横轴采用扩散角度、且纵轴采用透过了光的强度(即,扩散强度)的、表示扩散特性的坐标图,并对表示所获得的扩散特性的坐标图的扩散强度形状进行评价。

[0147] 另外,表示扩散特性的坐标图根据预定的扩散角度范围内的形状而分类为“平坦”、“单峰”、“双峰(圆环)”3种,并将所获得的结果汇总示于以下的表1中。

[0148] 另外,上述3种区分的评价基准如以下所述。

[0149] 平坦:表示扩散特性的坐标图中的波纹为强度最大值的20%以下

[0150] 单峰:表示扩散特性的坐标图中不存在波纹

[0151] 双峰(圆环):表示扩散特性的坐标图中的波纹为强度最大值的20%以上

[0152] [表1]

[0153] 表1评价结果

[0154]

	圆锥系数 k	曲率半径的偏差 R_{\max} (%)	顶点位置的偏差 Δr_{\max} (μm)	扩散强度形状
实施例 1	-20	± 10	50	平坦
实施例 2	-40	± 10	50	平坦
实施例 3	-20	± 20	50	平坦
实施例 4	-40	± 20	50	平坦
比较例 1	0	± 10	20	双峰(圆环)
比较例 2	0	± 10	40	双峰(圆环)
比较例 3	0	± 10	50	单峰
比较例 4	0	± 20	50	单峰
比较例 5	-60	± 10	50	双峰(圆环)
比较例 6	-60	± 20	50	双峰(圆环)

[0155] (评价结果的详细内容)

[0156] <实施例1>

[0157] 实施例1的扩散板的扩散强度形状在 ± 2.5 度的扩散角度中成为图10A所示那样的平坦的形状,从而能够抑制高阶衍射成分并且实现平坦的扩散角度分布特性。

[0158] <实施例2>

[0159] 在将实施例1所涉及的扩散板的非球面成分扩大至 $k = -40$ 的实施例2中,扩散强度形状在 ± 2.5 度的扩散角度中成为图10A所示那样的平坦的形状,从而能够抑制高阶衍射成分并且实现平坦的扩散角度分布特性。

[0160] <实施例3>

[0161] 在将实施例1所涉及的扩散板的曲率半径的偏差扩大至 $\pm 20\%$ 的实施例3中,扩散强度形状在 ± 2.5 度的扩散角度中成为图10B所示的平坦的形状,从而能够抑制高阶衍射成分并且能够实现平坦的扩散角度分布特性。

[0162] <实施例4>

[0163] 在将实施例2所涉及的扩散板的曲率半径的偏差扩大至±20%的实施例4中,扩散强度形状在±2.5度的扩散角度中成为图10B所示那样的平坦的形状,从而能够抑制高阶衍射成分并且能够实现平坦的扩散角度分布特性。

[0164] <比较例1>

[0165] 在采用了球面透镜的单透镜组中,使曲率半径产生偏差,且使顶点位置的偏差与实施例1相比而缩小了的比较例1中,扩散强度形状成为图8最上段所示那样的双峰(3维时为圆环)的形状,而无法实现平坦的扩散角度分布特性。

[0166] <比较例2>

[0167] 在将比较例1中的顶点位置的偏差扩大至40 μm 的比较例2中,扩散强度形状成为图8中段所示那样的双峰(3维时为圆环)的形状,而无法实现平坦的扩散角度分布特性。

[0168] <比较例3>

[0169] 在将比较例1中的顶点位置的偏差扩大至50 μm 的比较例3中,扩散强度形状成为图8最下段所示那样的单峰形状,而无法实现平坦的扩散角度分布特性。

[0170] <比较例4>

[0171] 在将比较例3中的曲率半径的偏差扩大至±20%的比较例4中,扩散强度形状成为图10B所示那样的单峰形状,而无法实现平坦的扩散角度分布特性。

[0172] <比较例5>

[0173] 在将实施例1所涉及的扩散板的非球面成分扩大至 $k = -60$ 的比较例5中,扩散强度形状、扩散强度形状成为图10A所示那样的双峰(3维时为圆环)的形状,而无法实现平坦的扩散角度分布特性。

[0174] <比较例6>

[0175] 在将比较例5中的曲率半径的偏差扩大至±20%的比较例6中,扩散强度形状、扩散强度形状成为图10B所示那样的双峰(3维时为圆环)的形状,而无法实现平坦的扩散角度分布特性。

[0176] 如以上的结果所明确那样,可明确出通过使用形成有本发明所涉及的单透镜组20的扩散板1,从而能够抑制高阶衍射成分并且能够实现平坦的扩散角度分布特性。

[0177] 以上,参照附图对本发明的优选的实施方式进行详细地说明,但本发明并未限定于所涉及的示例。了解到只要是具有本发明所属的技术领域中的通常知识的人,则在权利要求书所记载的技术思想的范畴内可想到各种变更例或修正例,这是明确的,这些内容也当然属于本发明的技术范围。

[0178] 符号说明

[0179] 1扩散板

[0180] 10透明基板

[0181] 20单透镜组

[0182] 21单透镜

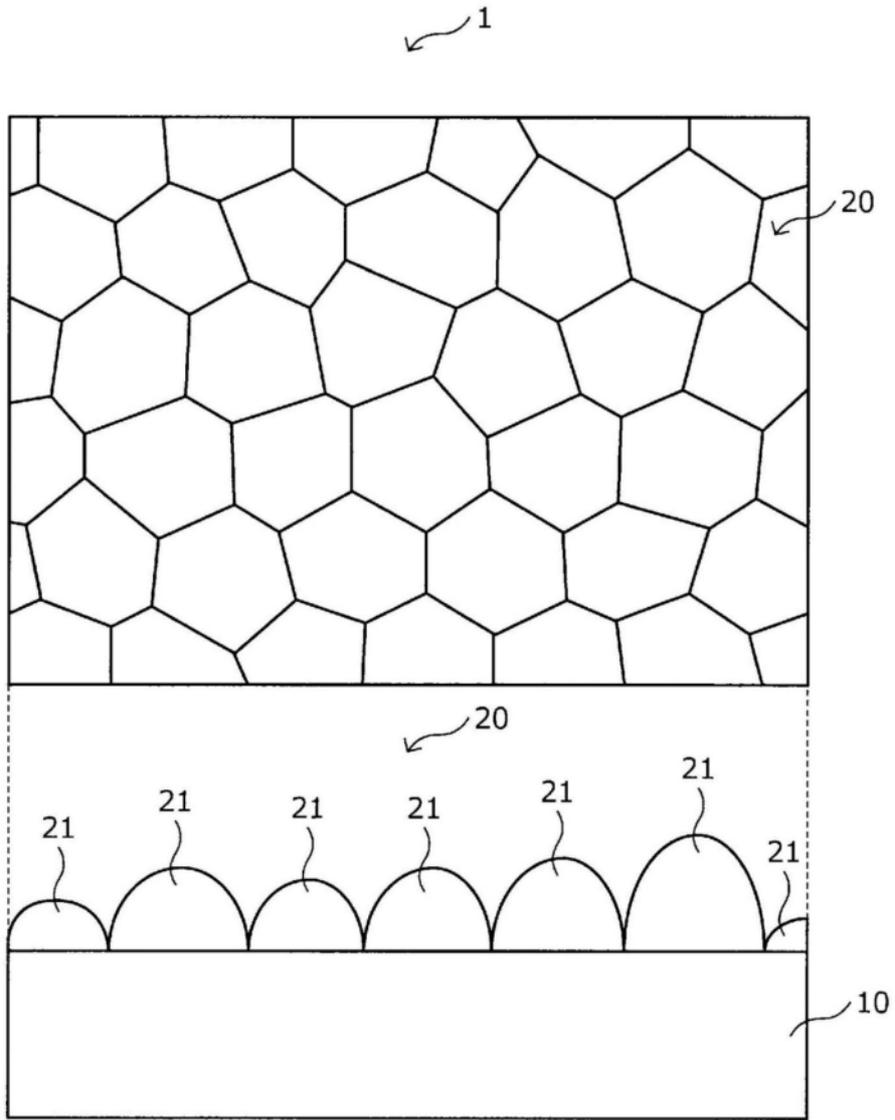


图1

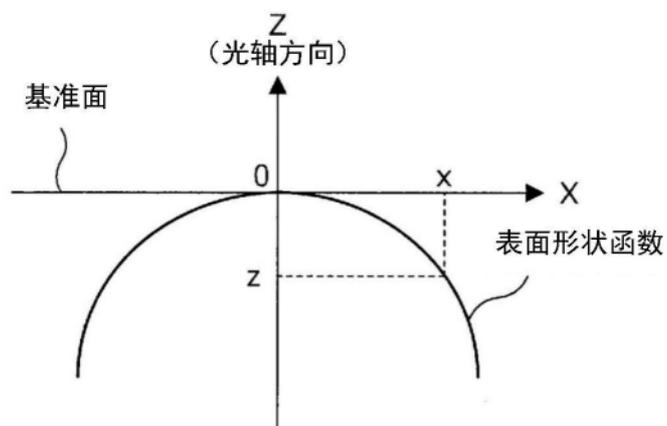


图2

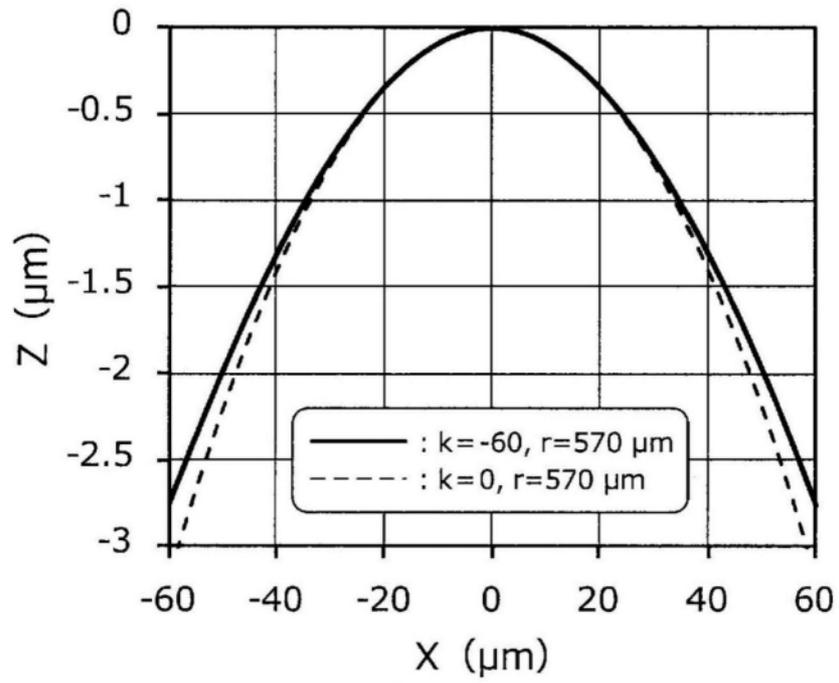


图3

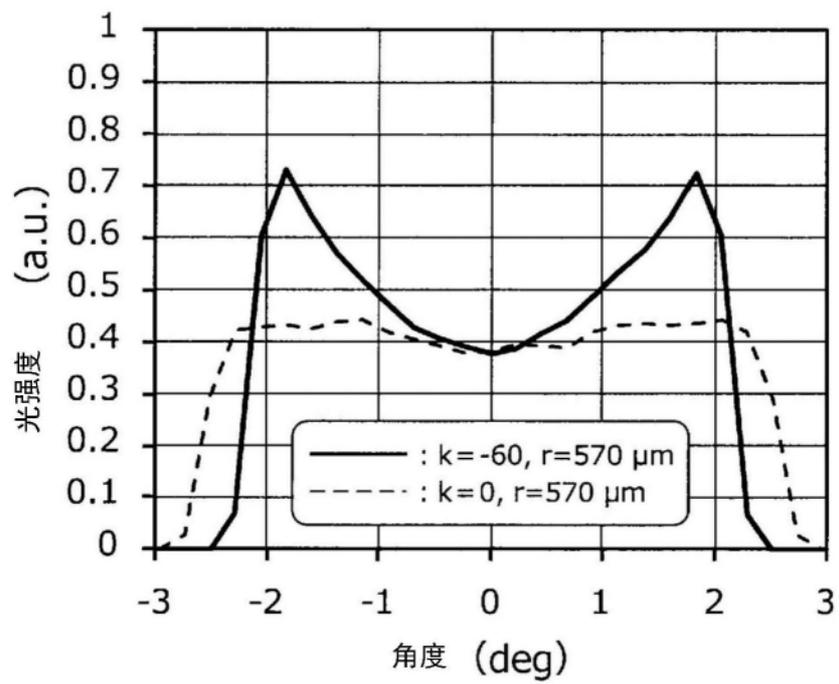


图4

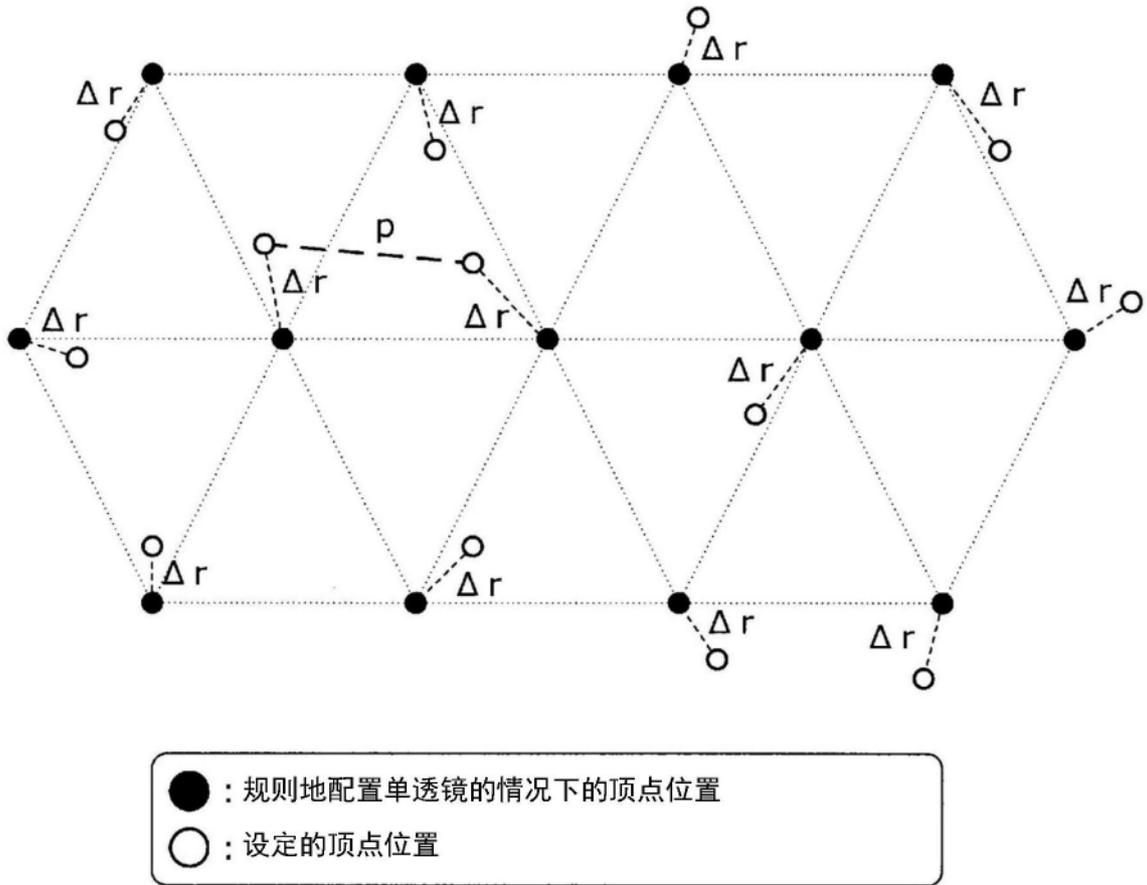


图5

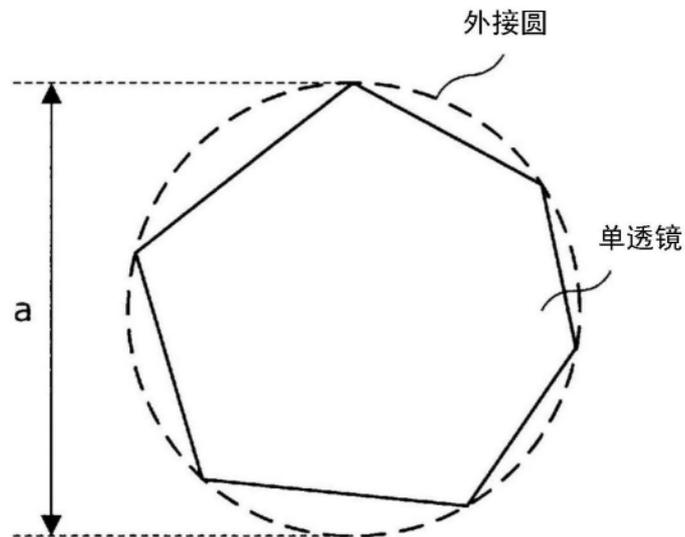


图6

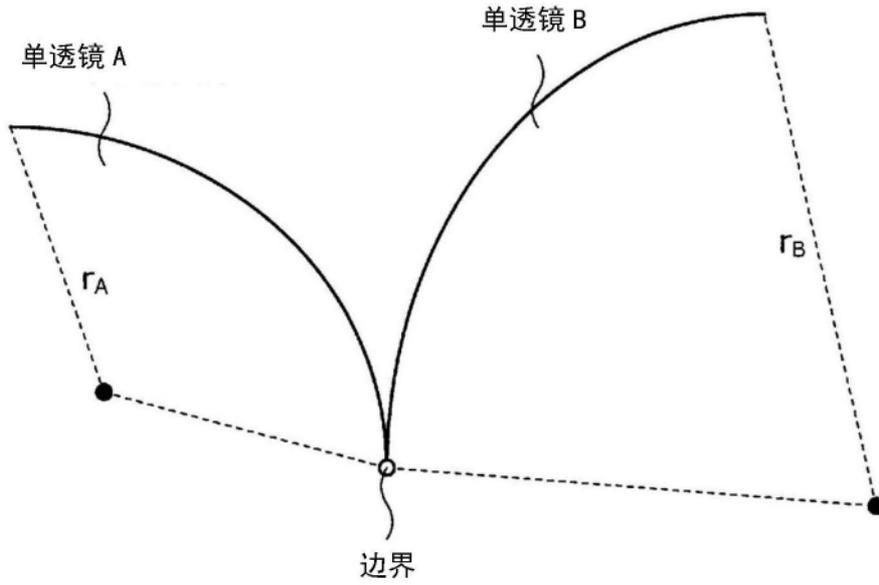


图7

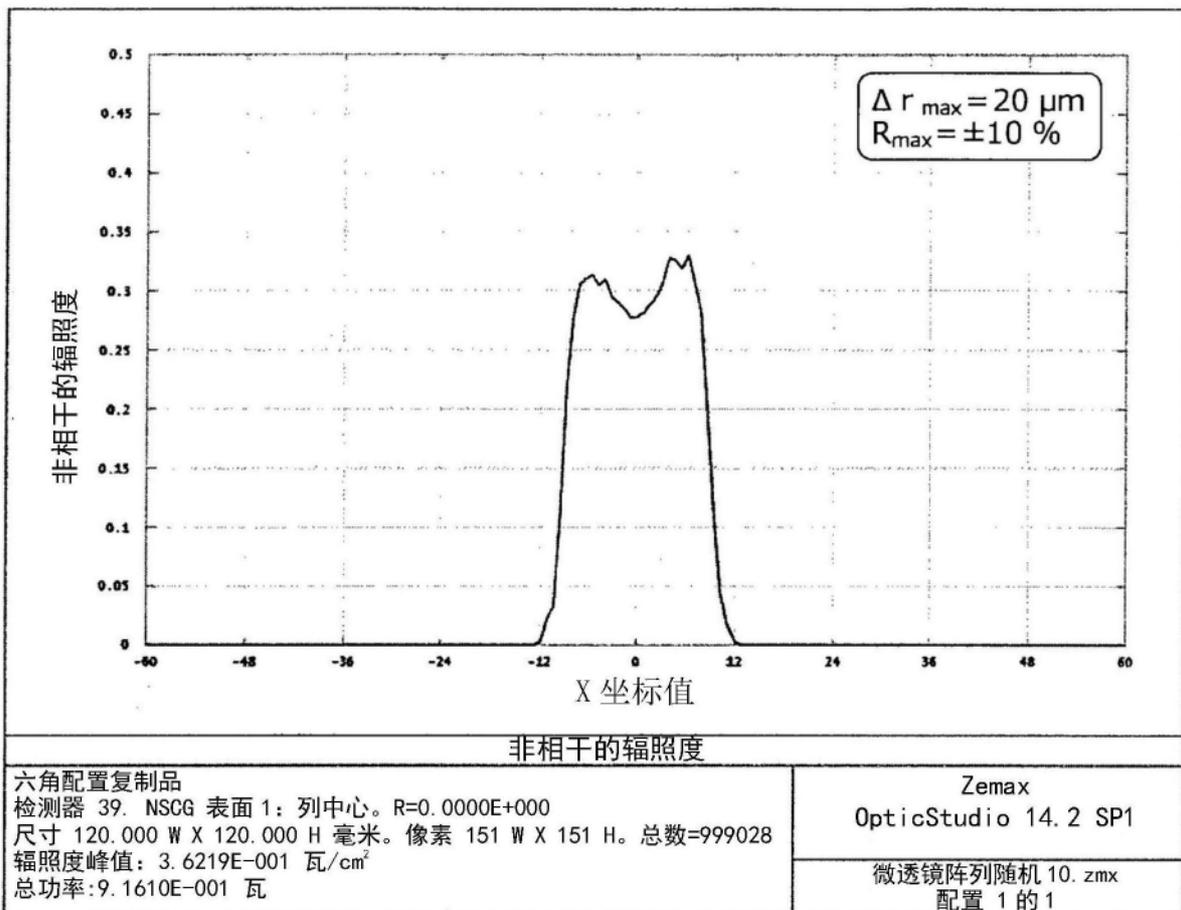


图8

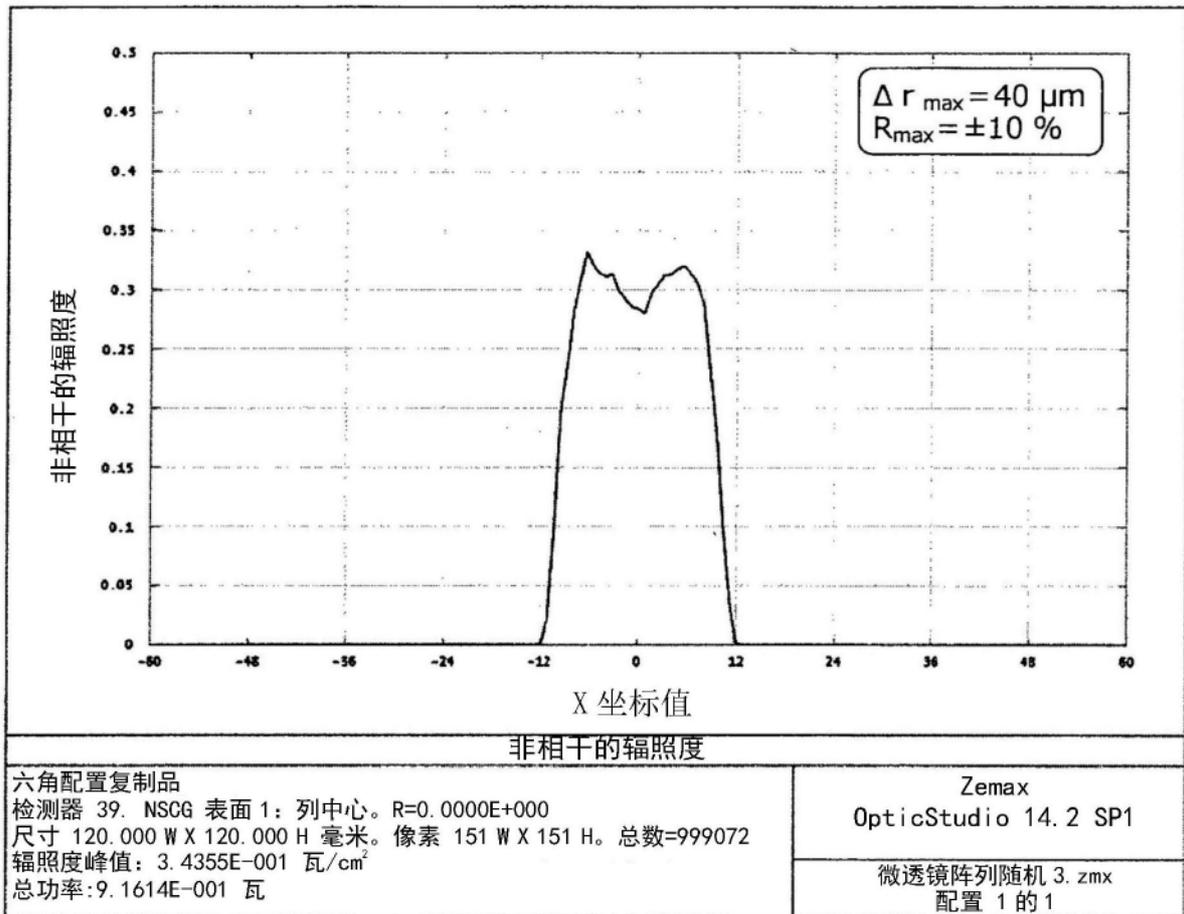


图8的接续

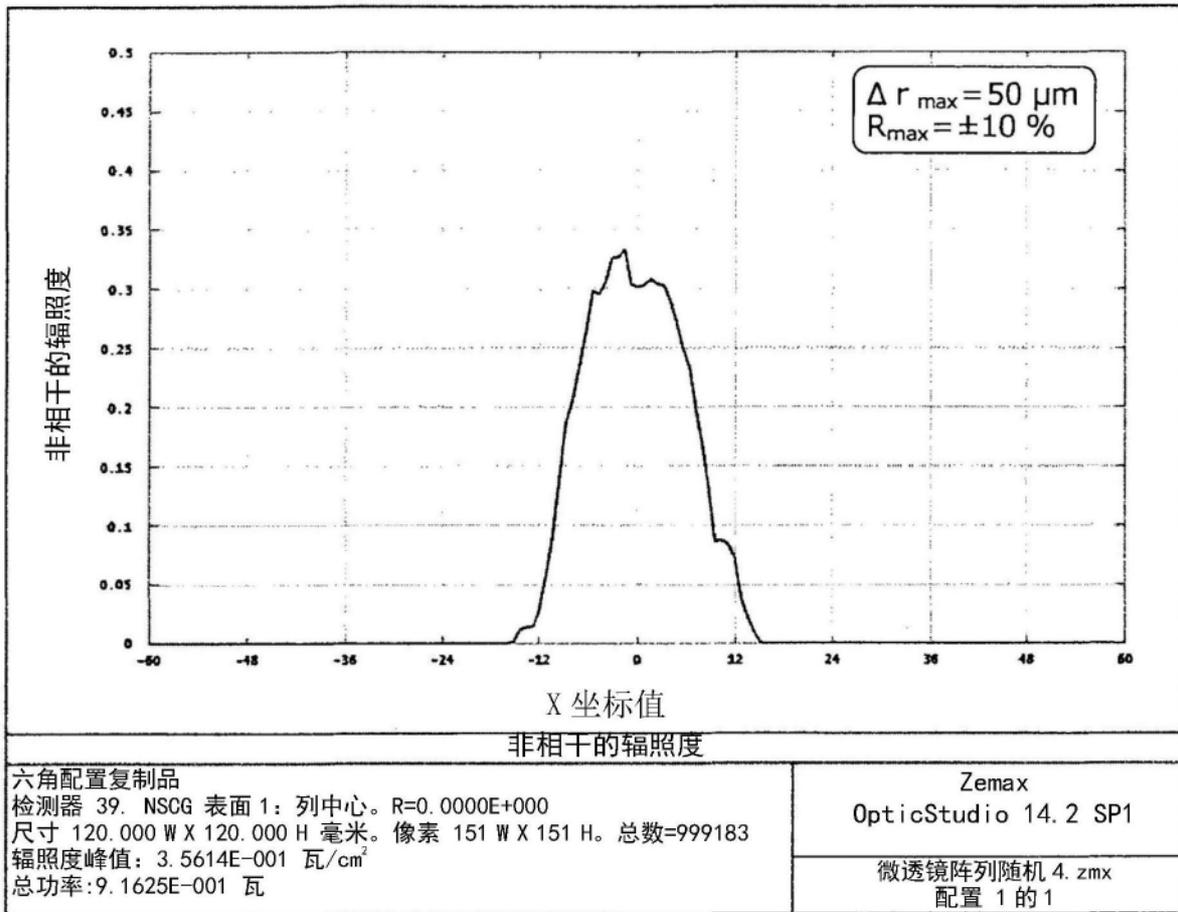


图8的接续

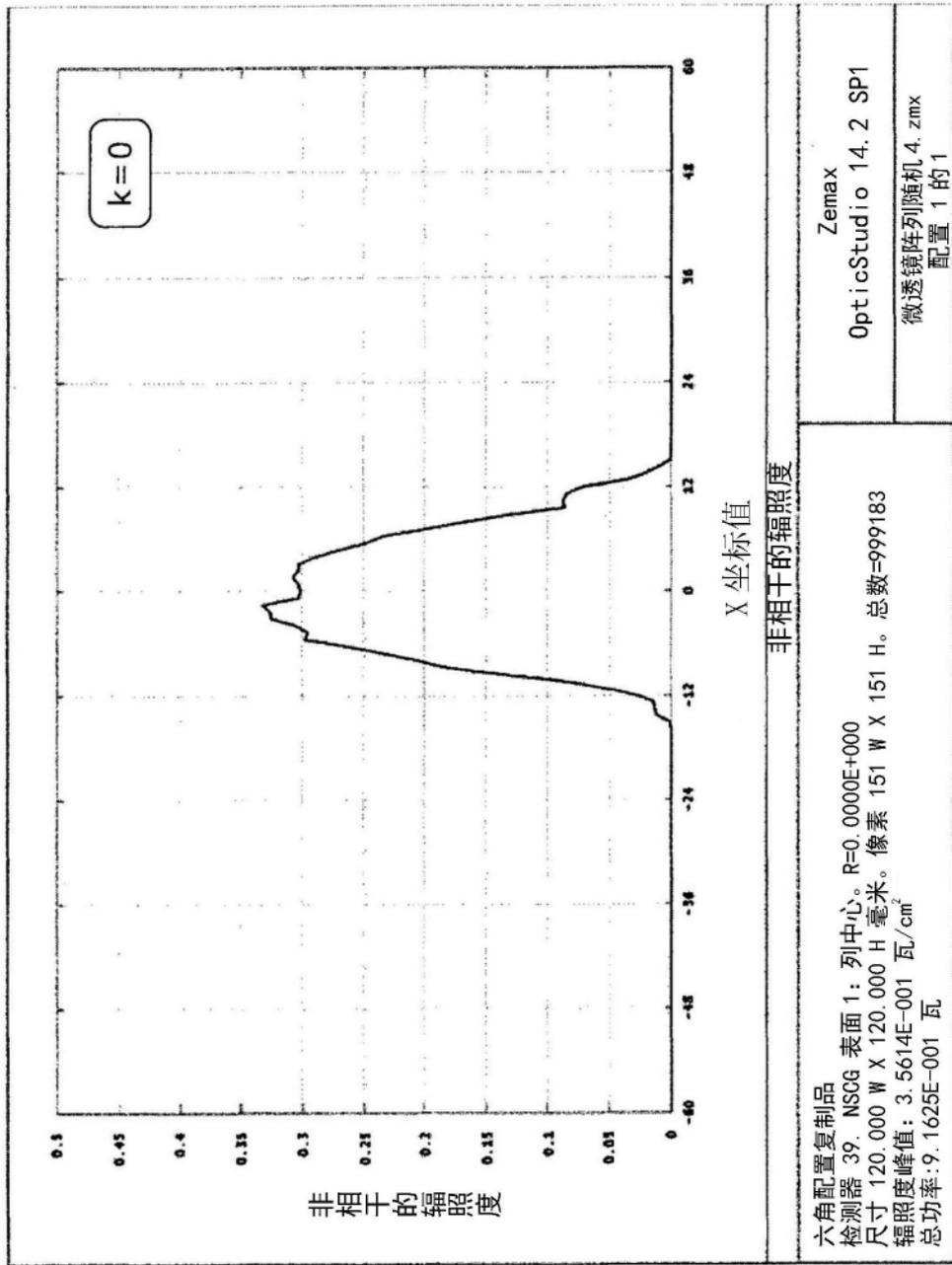


图9

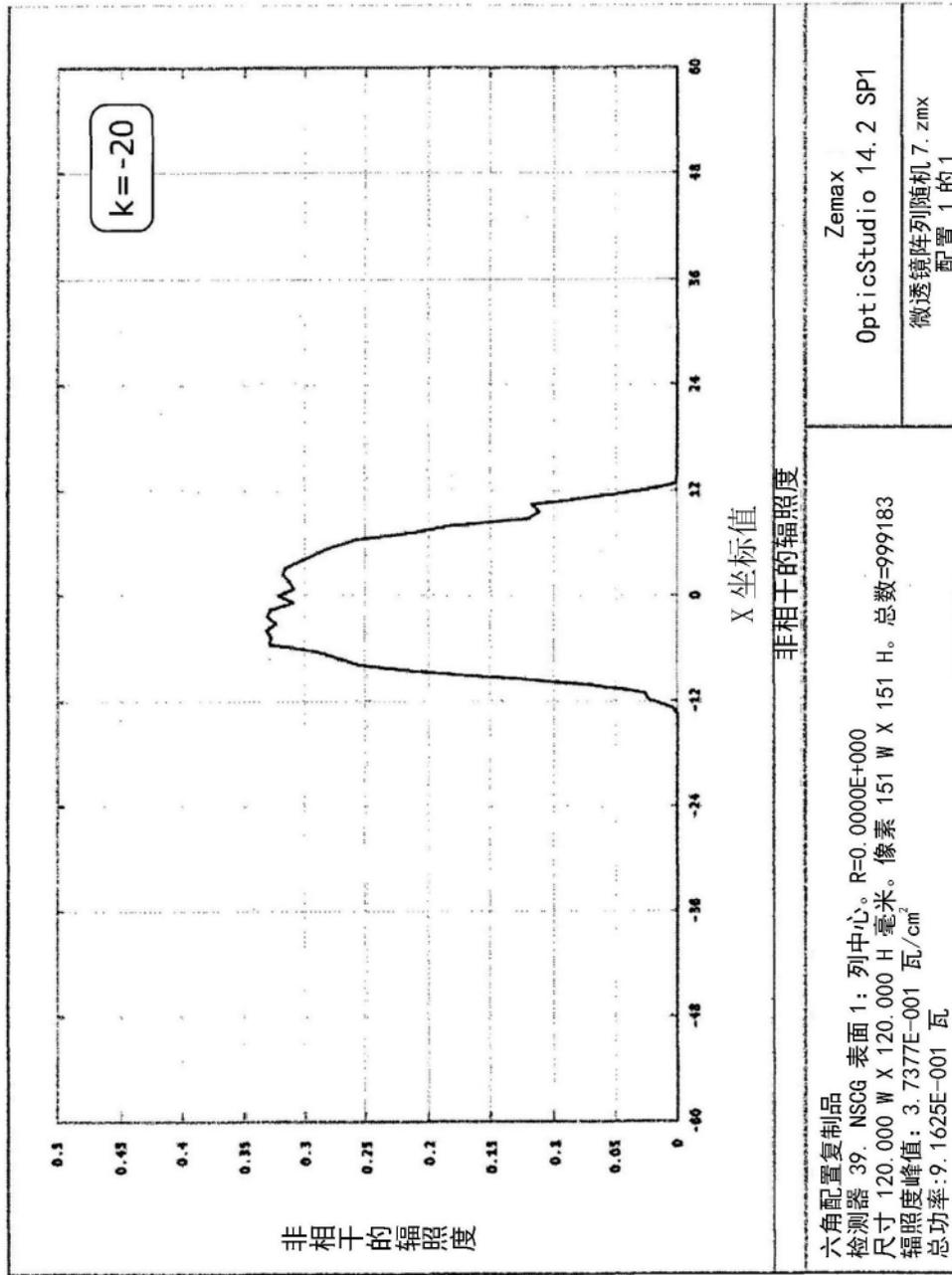


图9的接续

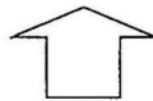
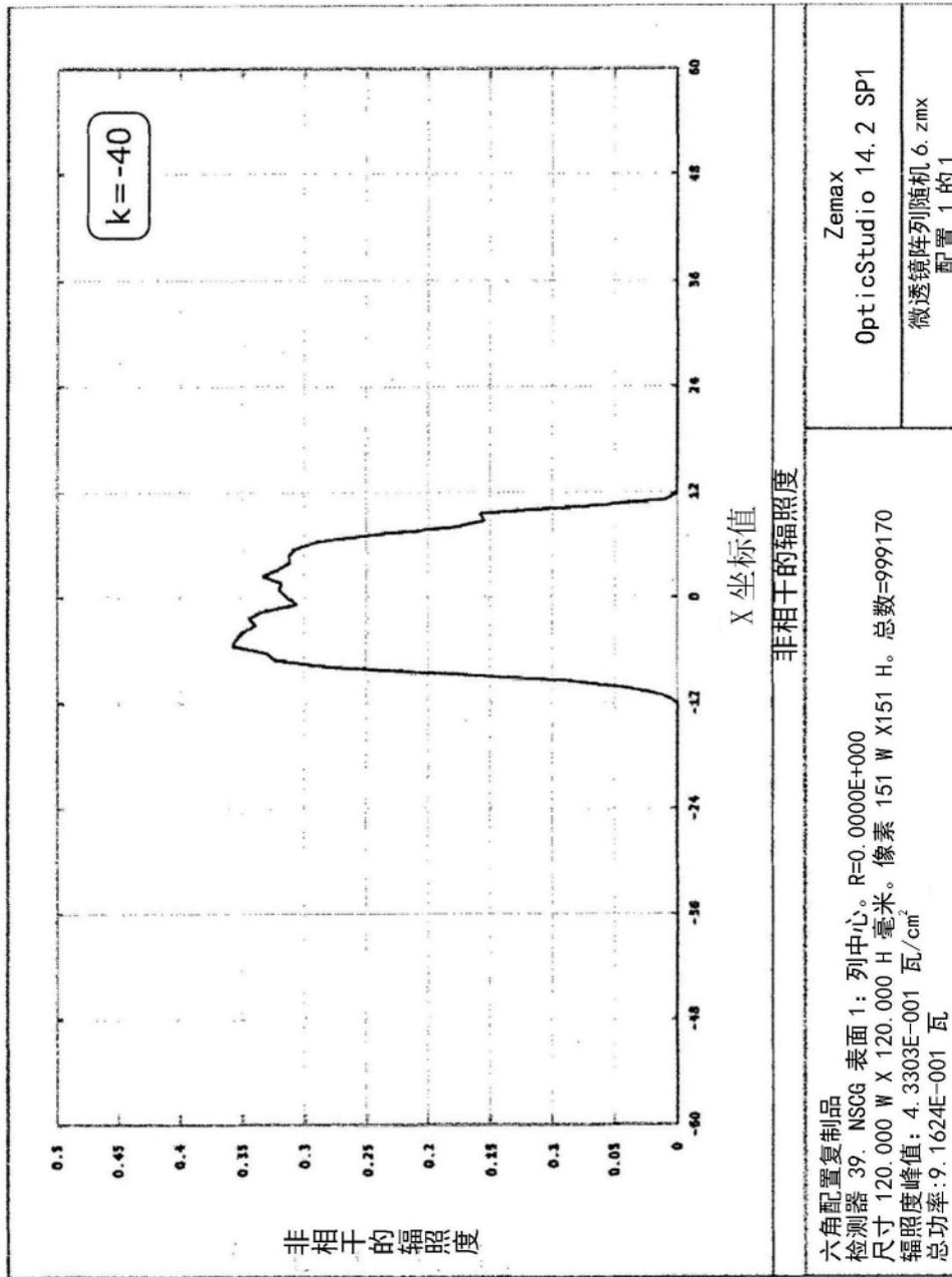


图9的接续

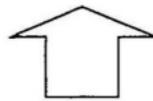
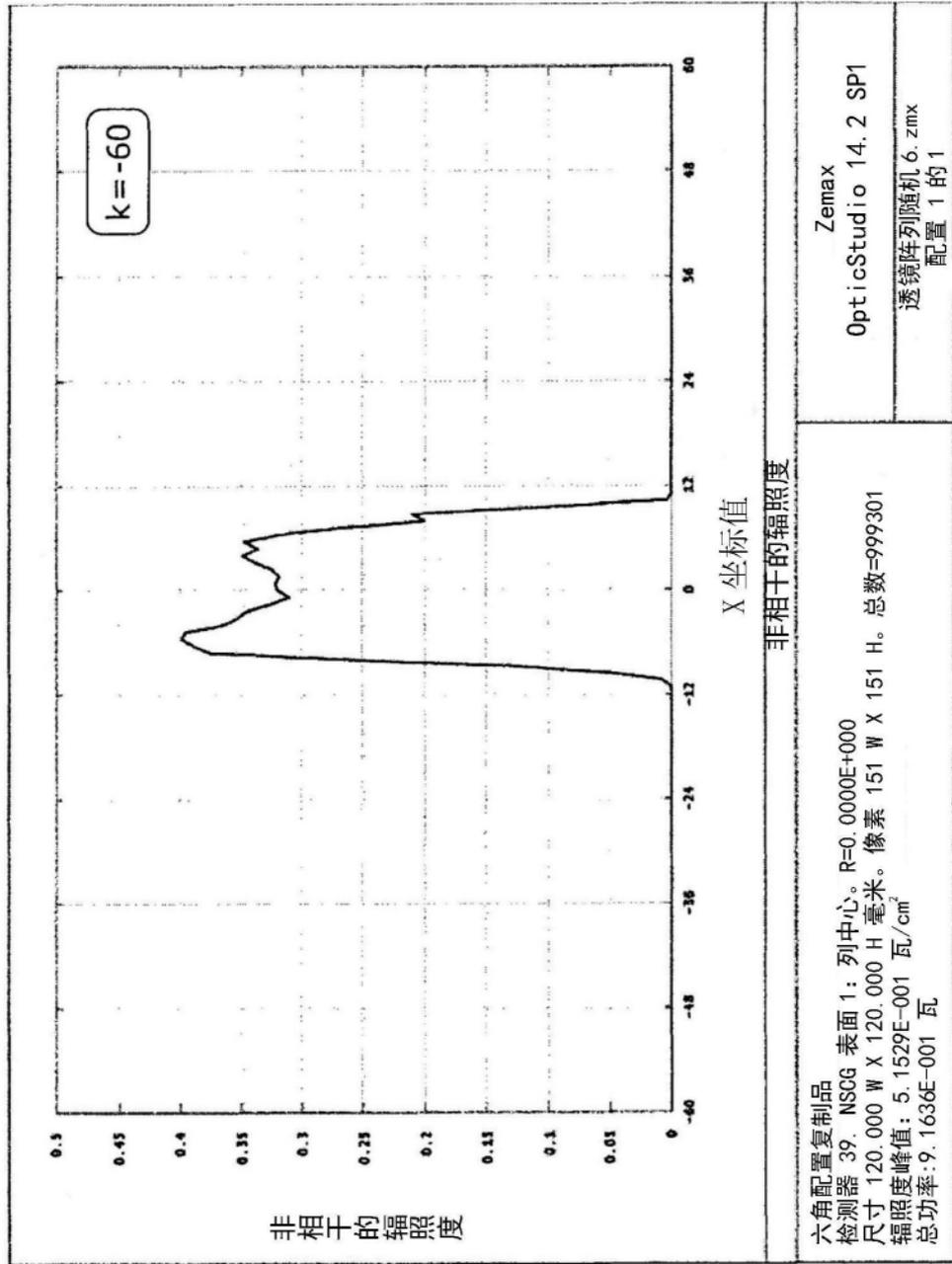


图9的接续

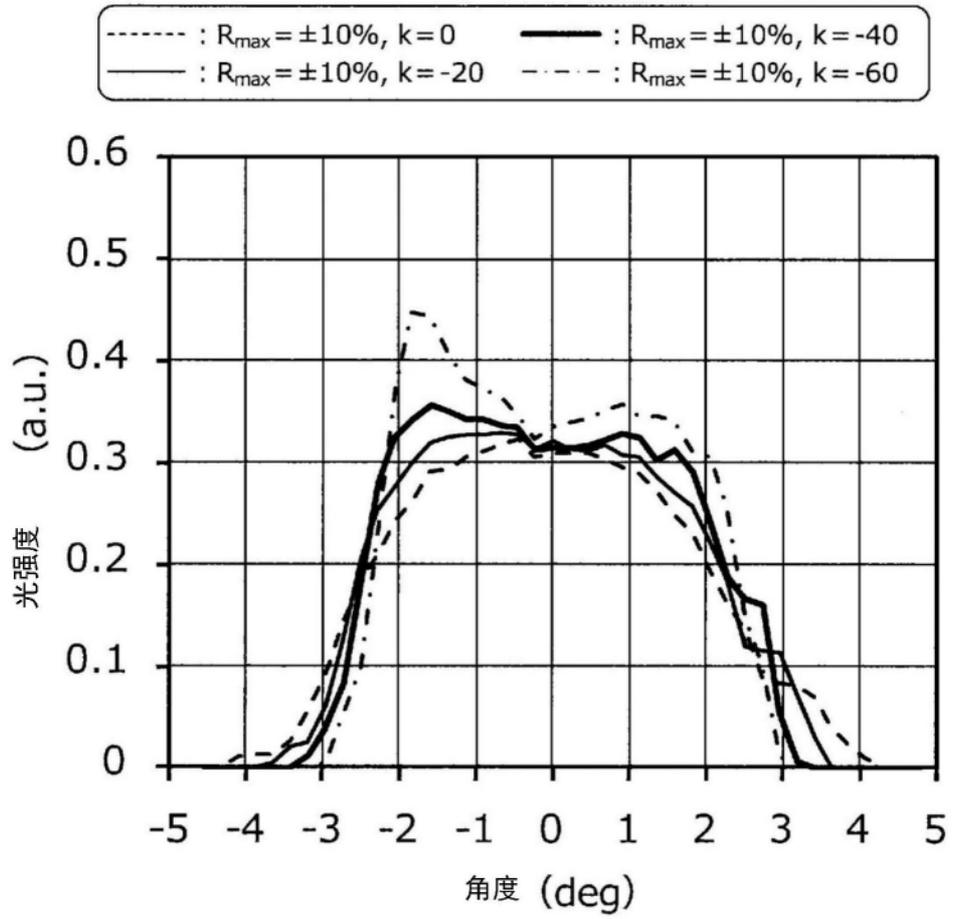


图10A

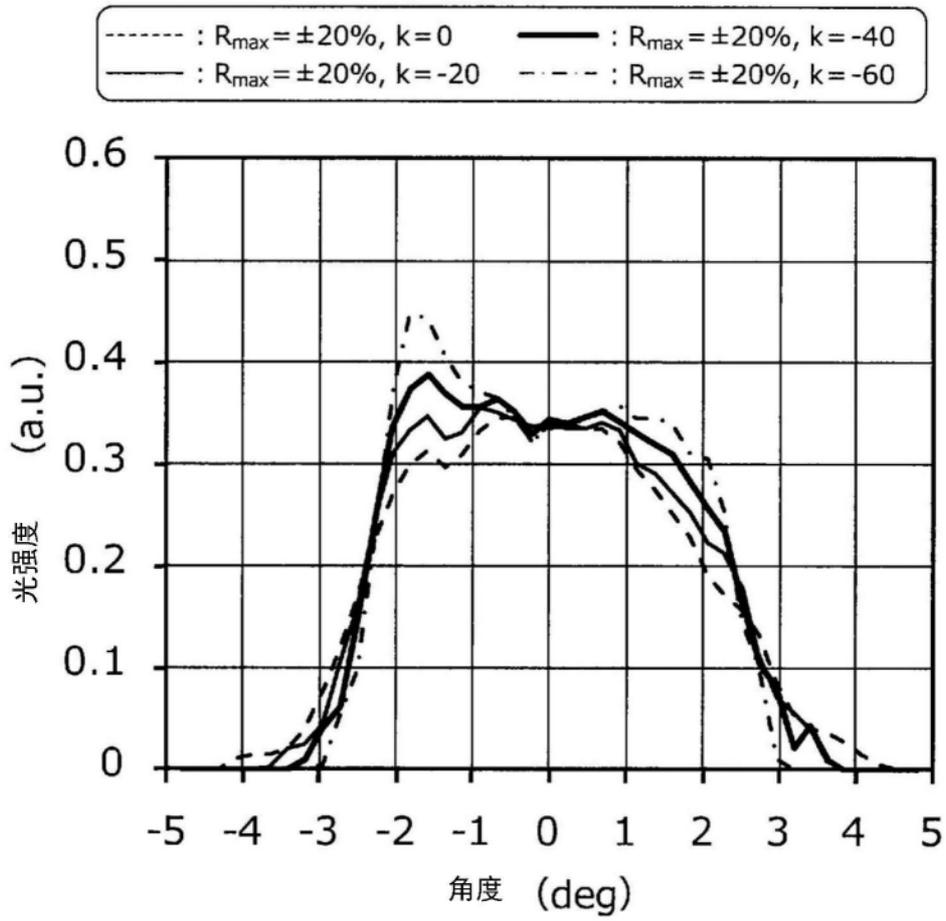


图10B

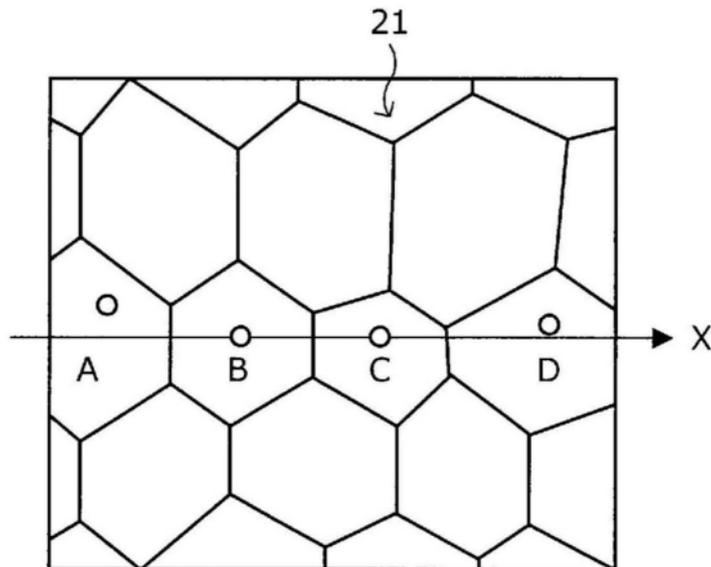


图11

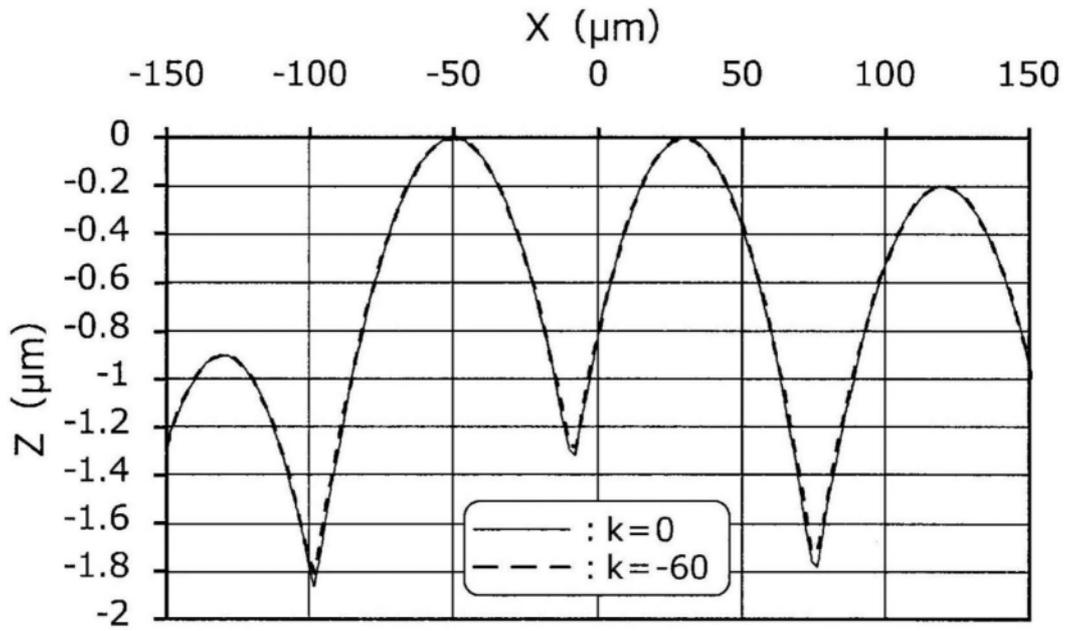


图12

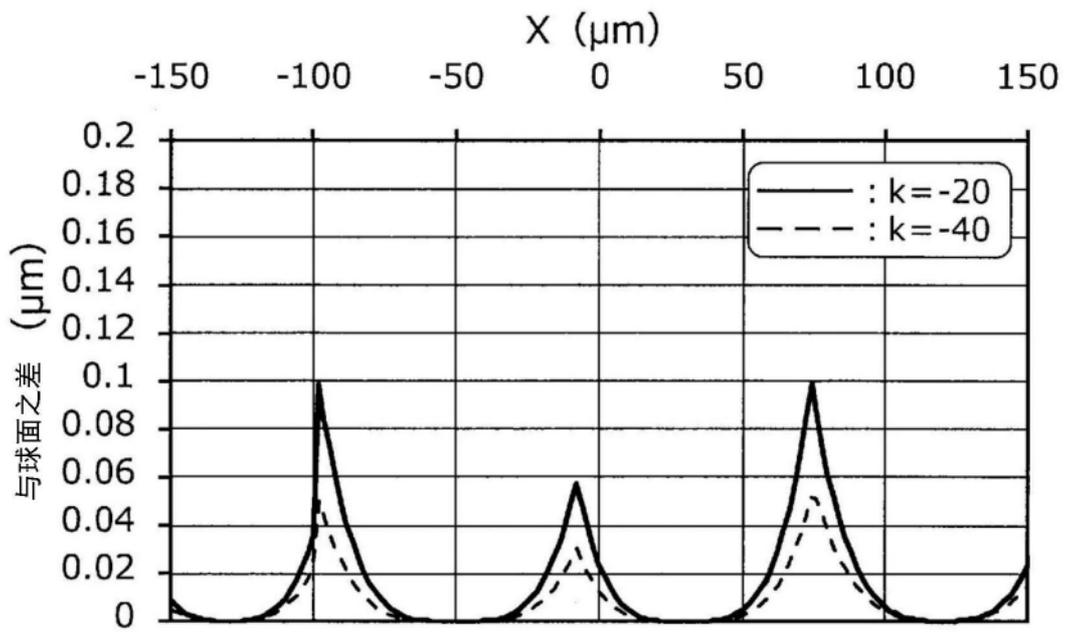


图13

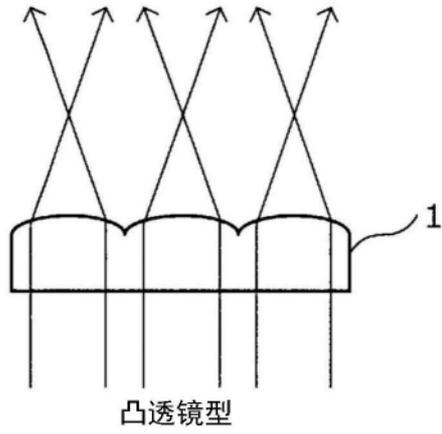


图14A

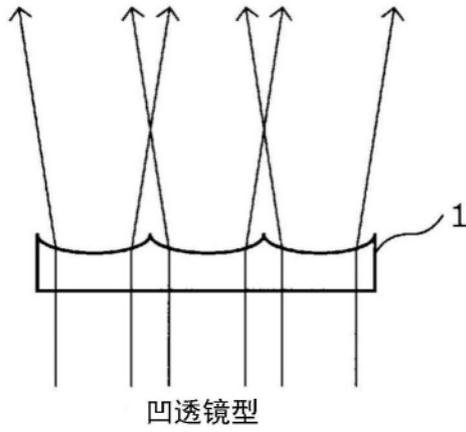


图14B